

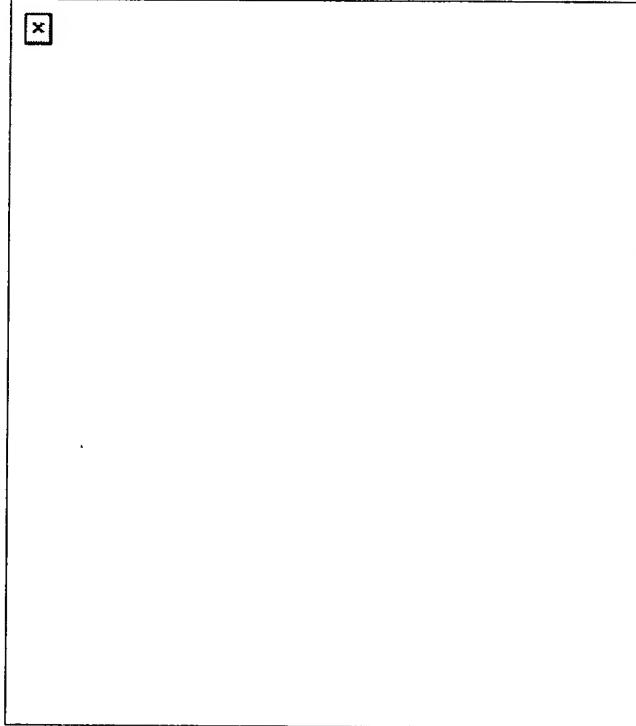
**Laser machining device has focused laser, movably adjustable scanner mirror in beam path; adaptive focusing mirror, deflection mirror, adjustable mirror can be placed before scanner mirror**

**Patent number:** DE10027148  
**Publication date:** 2001-12-06  
**Inventor:** HAMMER THORGE (DE); MUELLER UDO (DE); DRAWERT HEROLD (DE)  
**Applicant:** VOLKSWAGENWERK AG (DE)  
**Classification:**  
- **International:** B23K26/08; G02B26/10; B23K26/08; G02B26/10;  
(IPC1-7): B23K26/06; G02B26/00  
- **european:** B23K26/06; B23K26/08; G02B26/10G  
**Application number:** DE20001027148 20000531  
**Priority number(s):** DE20001027148 20000531

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE10027148**

The device has a laser source and at least one mirror arranged in the laser beam path. A movably adjustable scanner mirror (10) can be arranged in the laser beam path. An adjustable adaptive focusing mirror (12), a deflection mirror (16) and an adjustable mirror (18) can be arranged in the laser beam path before the scanner mirror.





⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 100 27 148 A 1

⑮ Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 23 K 26/06**  
G 02 B 26/00

DE 100 27 148 A 1

⑯ Aktenzeichen: 100 27 148.0  
⑯ Anmeldetag: 31. 5. 2000  
⑯ Offenlegungstag: 6. 12. 2001

⑰ Anmelder:  
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

⑰ Erfinder:  
Hammer, Thorge, 38479 Tappenbeck, DE; Müller,  
Udo, 38446 Wolfsburg, DE; Drawert, Herold, 38444  
Wolfsburg, DE

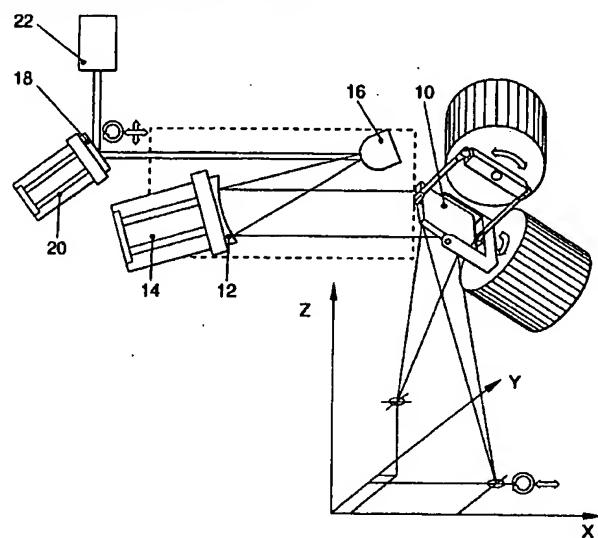
⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 197 06 038 A1  
DE 195 19 150 A1  
DE 44 24 492 A1  
DE 39 16 264 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines fokussierbaren Lasers

⑯ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bearbeitung  
eines Werkstückes mittels eines fokussierbaren Lasers,  
mit einer Laserquelle und wenigstens einem im Strahl-  
weg des Lasers angeordneten Spiegel.  
Es ist vorgesehen, dass im Strahlweg ein beweglich ver-  
stellbarer Scannerspiegel (10) angeordnet ist.



DE 100 27 148 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines fokussierbaren Lasers mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 genannten Merkmalen.

[0002] Es ist bekannt, dass zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines fokussierbaren Lasers im Strahlenweg eines Laserstrahls einem schwenkbar angeordneten Scannerspiegel ein durch piezoelektrische Stellelemente deformierbarer Spiegel vorzuschalten ist. Derartige Anordnungen werden dort eingesetzt, wo der Brennfleck des Lasers mit hoher Geschwindigkeit über das zu bearbeitende Werkstück geführt werden soll. Da bei derart hohen Geschwindigkeiten auch hohe Beschleunigungen auftreten, lassen sich solche Systeme nicht mit einem bewegten Werkstück realisieren, da sonst geringe Bearbeitungsgeschwindigkeiten, Abweichungen der Bearbeitungsgeschwindigkeit und Ungenauigkeiten in der Relativbewegung auftreten würden.

[0003] Dementsprechend erfolgt bei derartigen, scannenden Systemen die Brennfleckpositionierung durch Kippbewegung eines Spiegels. Durch zwei Kippachsen des Spiegels ist eine zweidimensionale Bewegung des Brennflecks möglich. Dieses führt dazu, dass sich der Brennfleck nicht exakt in einer Ebene, sondern auf der Oberfläche eines Toroids bewegt, was bei einem ebenen Werkstück zu Abweichungen der Lage des Brennflecks von der optimalen Bearbeitungsposition führt.

[0004] Aus der DE-A 44 24 492 ist eine Anordnung zur Werkstückbearbeitung mittels eines fokussierbaren Lasers bekannt, bei dem die Einstellung des Brennflecks des Lasers in Abhängigkeit von der Geometrie der Werkstückoberfläche erfolgt. Dabei ist der Fokussierlinse ein über eine elektronische Regeleinrichtung ansteuerbarer, deformierbarer Spiegel vorgeordnet, dessen Krümmung in Abhängigkeit von dem Abstand zwischen der wenigstens einen Schwenkachse des Scannerspiegels und der jeweiligen Position des Brennflecks auf der Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstücks veränderbar ist.

[0005] Aus der DE-A 42 17 705 ist bekannt, die deformierbaren Spiegel durch piezoelektrische Stellelemente zu verstehen.

[0006] Der Nachteil des Standes der Technik besteht darin, dass die schwenkbaren Scannerspiegel in Verbindung mit den entsprechenden Fokussierlinsen eine aufwendige Konstruktion hinsichtlich ihrer Lagerung und ihrer Verstellbarkeit benötigen. Deswegen sind diese Vorrichtungen aufgrund ihrer großen Baugröße nicht für den Einsatz von robotergeführten Remotelaserschweißköpfen geeignet. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass diese Vorrichtungen nicht die Vorgaben an die heutig zu erwartenden Laserschweißgeschwindigkeiten und -genauigkeiten in allen Punkten erfüllen. Außerdem ist es schwierig, mit diesen Anlagen ein Schweißen von spaltbehafteten Fügestellen durchzuführen.

[0007] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines fokussierbaren Lasers zu entwickeln, die den Einsatz in robotergeführten Remotelaserschweißköpfen durch Reduzierung des Bauraumes und des Gewichtes bei gleichzeitiger Erhöhung der Schweißgenauigkeit und der Schweißgeschwindigkeit ermöglicht, mit der eine Verbesserung des Schweißens von spaltbehafteten Fügestellen erfolgen kann und dessen Laserstrahl dreidimensional verstellbar ist.

[0008] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines fokussierbaren Lasers mit den in dem Anspruch 1 genannten Merkmalen gelöst. Dadurch, dass ein beweglich aufgehängter, verstellbarer Scannerspiegel vorgesehen ist, dem vorzugsweise ein

verstellbarer, adaptiver Fokussierspiegel, ein Umlenkspiegel, ein verstellbarer Spiegel und eine Lasererzeugungsquelle vorgeschaltet sind, wird einerseits erreicht, dass durch die bewegliche Aufhängung des Scannerspiegels die

5 zu bewegende Masse verringert wird, und andererseits wird durch den Scannerspiegel eine zweidimensionale Verstellung des Laserstrahles ermöglicht. Durch die Verringerung der zu bewegenden Masse des Scannerspiegels erfolgt eine verbesserte Einstellbarkeit des Laserstrahles am Werkstück, 10 wodurch die Schweißgenauigkeit und die Schweißgeschwindigkeit gesteigert werden kann. Die Verringerung der Masse und der benötigten Baugröße, die auch auf die Anordnung des verstellbaren Spiegels und des verstellbaren, 15 adaptiven Fokussierspiegels zurückzuführen sind, ermöglicht den Einsatz der erfundungsgemäßen Vorrichtung in robotergeführten Remotelaserschweißköpfen. Durch Anordnung eines verstellbaren, adaptiven Fokussierspiegels erfolgt in Verbindung mit dem beweglich aufgehängten, verstellbaren Scannerspiegel eine dreidimensionale Verstellung 20 des Laserstrahles auf dem Werkstück.

[0009] In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist dem Spiegel zur Verstellung ein piezoelektrisches Steuerelement zugeordnet. Das hat zur Folge, dass der zweidimensionalen Verstellung des Scannerspiegels eine zusätzliche hochfrequente Bewegung überlagert werden kann. Damit wird eine zusätzliche Bewegung des Laserstrahles auf dem Werkstück erreicht. Diese zusätzliche Bewegung wird insbesondere zum besseren Schweißen von spaltbehafteten Fügestellen angewendet.

30 [0010] Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

[0011] Die Erfindung wird nachfolgend in einem Ausführungsbeispiel anhand der zugehörigen Zeichnung, die die erfundungsgemäße Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines fokussierbaren Lasers zeigt, näher erläutert.

[0012] Die erfundungsgemäße Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines fokussierbaren Lasers 40 besteht aus einem beweglich verstellbaren Scannerspiegel 10, dem ein verstellbarer, adaptiver Fokussierspiegel 12, ein Umlenkspiegel 16, ein verstellbarer Spiegel 18 und eine Lasererzeugungsquelle 22 vorgeschaltet sind. Der Spiegel 18, der als ebener Spiegel ausgebildet ist, wird durch ein unmittelbar an den Spiegel 18 angeordnetes, piezoelektrisches Steuerelement 20 verstellt. Dabei erfolgt die Verstellung des Spiegels 18 durch Kippen des Spiegels 18 um die x-Achse und/oder um die y-Achse. Die Einstellung des Spiegels 18, 45 durch entsprechende Winkelveränderung beim Kippen des Spiegels 18, wird durch mehrere einzelne Piezoelemente erreicht, die durch eine hochfrequente Spannung angesteuert werden und dadurch eine entsprechende Verstellung des Spiegels 18 bewirken. Durch die Anordnung von mehreren Piezoelementen und deren separate Ansteuerung lässt sich der Spiegel 18 entsprechend den Erfordernissen verstellen. Durch die hochfrequente Spannung wird dem Laserstrahl 50 eine hochfrequente Zusatzbewegung in x-Richtung und in y-Richtung überlagert. Die Zusatzbewegung wird durch die entsprechenden Spiegel auf das Werkstück übertragen und bewirkt auf dem Werkstück ein besseres Schweißen von spaltbehafteten Fügestellen. Diese Zusatzbewegung des Laserstrahles besitzt aber nur eine geringfügige Größe.

[0013] Der durch den Spiegel 18 mit einer hochfrequenten Zusatzbewegung überlagerte Laserstrahl wird über einen Umlenkspiegel 16 auf einen adaptiven Fokussierspiegel 12 geleitet. Der adaptiven Fokussierspiegel 12 ist als eine flexible Membran ausgebildet, dessen Krümmungsradius durch ein piezoelektrisches Steuerelement 14 verstellt wird. Das

Piezoelement wirkt direkt auf die flexible Membran und bewirkt durch eine entsprechende Steuerspannung eine Änderung des Krümmungsradius des adaptiven Fokussierspiegels 12. Die Änderung des Krümmungsradius des adaptiven Fokussierspiegels 12 hat eine Verstellung des Fokussierungspunktes des Laserstrahles in z-Richtung (Höhenverstellung) auf dem Werkstück zur Folge. Damit lassen sich sowohl unterschiedliche Werkstückdicken bearbeiten als auch die Abweichungen der Lage des Brennfleckes des Laserstrahles von der exakten Ebene, die beim Kippen des Scannerspiegels 10 zwangsläufig entstehen, ausgleichen. Somit erfolgt die Verstellung des adaptiven Fokussierspiegels 12 in Abhängigkeit von der Werkstückoberfläche und der Verstellung des Scannerspiegels 10 beim Schweißvorgang. Die flexible Membran des adaptiven Fokussierspiegels 12 ist ein für die Laserwellenlänge hochreflektierender Spiegel.

[0014] Der durch den adaptiven Fokussierspiegel 12 in seinem Fokussierungspunkt veränderte Laserstrahl trifft auf den als ebenen Umlenkspiegel ausgebildeten Scannerspiegel 10. Der Scannerspiegel 10 ist beweglich, beispielsweise kardanisch, aufgehängt und zusätzlich zweidimensional in x-Richtung und in y-Richtung verstellbar. Durch die Verstellung des Scannerspiegels in x-Richtung und in y-Richtung lässt sich der Fokussierungspunkt des Laserstrahles auf der Werkstückoberfläche exakt einstellen. Die Kippbewegung des Scannerspiegels ermöglicht, eine hohe Schweißgeschwindigkeit auf der Werkstückoberfläche. Durch die Überlagerung der Verstellung des Spiegels 18 mit der Verstellung des adaptiven Spiegels 12 und der Verstellung des Scannerspiegels 10 wird beim Schweißen immer ein optimaler Brennpunkt auf der Werkstückoberfläche entsprechend den eingestellten Bedingungen erzeugt. Durch die Anordnung der piezoelektrischen Steuerelemente 14 und 20 an dem adaptiven Fokussierspiegel 12 und an dem Spiegel 18 können Änderungen des Fokussierungspunktes des Laserstrahles auf dem zu bearbeitenden Werkstück sehr schnell in drei Dimensionen (in x-Richtung, in y-Richtung und z-Richtung) durchgeführt werden.

[0015] Durch den Einsatz des beweglich verstellbaren Scannerspiegels 10 in Verbindung mit dem piezoelektrisch verstellbaren, adaptiven Fokussierspiegel und dem piezoelektrisch verstellbaren Spiegel 18 sowie mit dem Umlenkspiegel 16 wird die Masse und der Bauraum der Vorrichtung gegenüber dem bekannten Stand der Technik erheblich verringert, so dass die erfundungsgemäße Vorrichtung in einem robotergeführten Remotelaserschweißkopf eingesetzt werden kann. Dadurch wird der Anwendungsbereich der erfundungsgemäßen Vorrichtung wesentlich erweitert. Gleichzeitig wird durch die Verringerung der zu bewegenden Masse die Schweißgenauigkeit verbessert und die Schweißgeschwindigkeit erhöht.

[0016] Als Laser für die durchzuführenden Schweißarbeiten wird ein CO<sub>2</sub>- oder ein Nd:YAG-Laser verwendet.

## BEZUGSZEICHENLISTE

10 Scannerspiegel  
12 adaptiver Fokussierspiegel  
14 piezoelektrisches Steuerelement  
16 Umlenkspiegel  
18 Spiegel  
20 piezoelektrisches Steuerelement  
22 Lasererzeugungsquelle

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Bearbeitung eines Werkstückes mittels eines fokussierbaren Lasers, mit einer Laser-

- quelle und wenigstens einem im Strahlweg des Lasers angeordneten Spiegel, dadurch gekennzeichnet, dass im Strahlweg ein beweglich verstellbarer Scannerspiegel (10) angeordnet ist.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass dem beweglich verstellbaren Scannerspiegel (10) im Strahlweg des Lasers ein verstellbarer, adaptiver Fokussierspiegel (12), ein Umlenkspiegel (16) und ein verstellbarer Spiegel (18) vorgeschaltet sind.
3. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der beweglich verstellbare Scannerspiegel (10), der verstellbare, adaptive Fokussierspiegel (12), der Umlenkspiegel (16), der verstellbare Spiegel (18) und die Lasererzeugungsquelle (22) in einem robotergeführten Remotelaserschweißkopf angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Spiegel (18) zur Verstellung ein piezoelektrisches Steuerelement (20) zugeordnet ist.
5. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das piezoelektrische Steuerelement (20) aus mehreren einzelnen Piezoelementen besteht.
6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das piezoelektrische Steuerelement (20) des Spiegels (18) durch hochfrequente Spannung verstellt wird.
7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spiegel (18) ein ebener Spiegel ist.
8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Spiegel (18) um die x-Achse und um die y-Achse verstellbar angeordnet ist.
9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem adaptiven Fokussierspiegel (12) zur Verstellung ein piezoelektrisches Steuerelement (14) zugeordnet ist.
10. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der adaptive Fokussierspiegel (12) eine flexible Membran ist.
11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der adaptive Fokussierspiegel (12) ein für Laser hochreflektierender Spiegel ist.
12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellung des adaptiven Fokussierspiegels (12) in Abhängigkeit von der Werkstückoberfläche und der Verstellung des Scannerspiegels (10) erfolgt.
13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der beweglich verstellbare Scannerspiegel (10) zusätzlich zweidimensional verstellbar angeordnet ist.
14. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Verstellung des Spiegels (18) mit der Verstellung des adaptiven Fokussierspiegels (12) und des Scannerspiegels (10) überlagert wird.
15. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der beweglich verstellbare Scannerspiegel (10) ein ebener Umlenkspiegel ist.
16. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Laser ein CO<sub>2</sub>-Laser ist.

DE 100 27 148 A 1

5

6

17. Vorrichtung nach Ansprüchen 1 bis 15, dadurch  
gekennzeichnet, dass der Laser ein Nd:YAG-Laser ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer:  
Int. Cl. 7;  
Offenlegungstag:

DE 100 27 148 A1  
B 23 K 26/06  
6. Dezember 2001

